

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329907630>

Software for Deep-Well Designing

Article · December 2018

CITATIONS

0

READS

26

3 authors, including:



Dejan Brkić

VŠB-Technical University of Ostrava

147 PUBLICATIONS 1,015 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



[JMSE] (SCIE Indexed, IF 1.732)—Invite to Publish in Special Issue "Safe, Secure and Sustainable Oil and Gas Drilling, Exploitation and Pipeline Transport Offshore" [View project](#)



Flow friction calculation - Colebrook equation [View project](#)

PROGRAMSKI PAKET ZA PROJEKTOVANJE BUŠOTINA

Dipl. inž. Damir Tomić,
dipl. inž. Nebojša Banjac,
Inovacioni centar Elektrotehničkog fakulteta, Beograd

dipl. inž. Dejan Brkić,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Stipendisti Ministarstva nauke i zaštite životne sredine

U radu je prikazan program za projektovanje bušotina u cilju eksploatacije nafte, gasa i geotermalne energije i namenjen je komercijalnoj upotrebi u naftnoj industriji. Programa je razvijen okviru Inovacionog centra Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu i finansiran je sredstvima Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Srbije. Programom je omogućen odabir odgovarajućih zaštitnih cevi u zavisnosti od uslova u bušotini, počev od proračuna uvodne i površinske kolone, preko tehničke do završne eksploatacione kolone uz mogućnost štampanja detaljnih izveštaja i izrade projektne dokumentacije na srpskom i engleskom jeziku. Program je razvijen u celosti kao delo domaćih rudarskih inženjera i vlasništvo je prvog i drugog autora.

Ključne reči. Bušotina, Program, Zaštitne cevi

PROJEKTOVANJE BUŠOTINA ZA NAFTU, GAS I GEOTERMALNIH BUŠOTINA

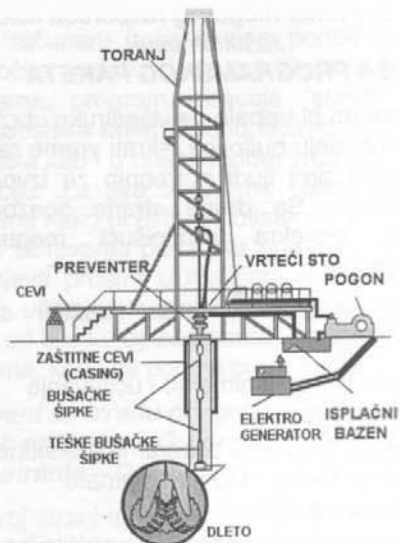
Proces izrade bušotina predstavlja skup različitih tehničko-tehnoloških zahvata koji se ostvaruju primenom kompleksnog sistema projektovanja i praćenja radova. Ovaj sistem mora uvek funkcionisati pouzdano i uz minimalne troškove izrade.

sebe preko 50% investicionih ulaganja. Kretanja cena nafte i gasa sada i u daljoj perspektivi pokazuju da će prodajne cene uvek biti u stanju da pokriju odgovarajuće troškove, u kojima dubinsko bušenje ima najveće učešće.

Cena koštanja bušotine se može znatno smanjiti primenom različitih tehnika projektovanja bušotine, koji obuhvata faktor iskustva, inženjerske principe, filozofiju izvođača bušenja, uz pomoć najnovije računarske tehnike i softvera koji doprinose sigurnosti i nižoj ceni pri izvođenju planiranih radova.

Analiza slojnih (pornih) pritisaka

Slojni, odnosno (porni) pritisak javlja se u bušotini usled uticaja pritiska stena duž kanala bušotine, pritiska fluida koji se nalazi u sloju itd. Ako slojni pritisci u fazi projektovanja nisu realno procenjeni to može prouzrokovati tehničke probleme kao što su: gubitak cirkulacije, dotok fluida u kanal bušotine, erupciju, prihvat (zaglavu) alata za bušenje, nestabilnost kanala bušotine, itd. Svi ovi faktori znatno poskupljuju izradu bušotine. Procena pornog pritiska je vrlo složen inženjerski problem i prevazilazi obim ovog rada. Porni protok služi pri projektovanju bušotina za proračun gradijenta pornog pritiska. Kretanje pornih pritisaka naslaga duž kanala bušotine i dešinisano je kao promena pritiska po metru dubine [Pa/m].



Slika 1 Tipično postrojenje za bušenje

Duboka istražna i eksploataciona bušenja na naftu i gas zahtevaju velika kapitalna ulaganja i u ukupnom reprodukcijonim ciklusu vezuju za

Apsolutne vrednosti gradijenta pornog pritiska duž kanala bušotine mogu znatno i promenljivo varirati, a retko se događa da su funkcionalno zavisne jedino od posmatrane dubine zaleganja naslage stena. Upravo ove promene gradijenta komplikuju projektovanje bušotine.

Predviđanje pritiska frakturiranja

Kada gustina isplake (fluida za bušenje) postane toliko da uzrokuje hidrostatički pritisak na određenoj dubini koji može da frakturira (razlomi) stenu takav pritisak se naziva pritiskom frakturiranja. Poznavanje ovog pritiska duž kanala bušotine jedan je od osnovnih elemenata projektovanja bušotine i tiče se konkretno pravilnog izbora dubine ugradnje zaštitnih cevi, a u toku proizvodnog veka bušotine za planiranje operacija frakturiranja formacija u cilju povećanja propusnosti radi povećanja proizvodnje. Pritisak frakturiranja zavisi uglavnom od: tipa stenske mase, stepena anizotropije stena, debljine stenskih masa, tektonske aktivnosti posmatrane oblasti i slojnih pritisaka.

Ulaskom u zone sa povišenim slojnim pritiscima mora se podići gustina isplake, što može da dovede do frakturiranja plićih relativno slabijih formacija koje se tada moraju zaštititi nizom zaštitnih cevi od opasnosti frakturiranja.

Konstrukcija bušotine

Pod konstrukcijom bušotine podrazumeva se odabiranje tehnički ispravnog i svrsishodnog zacevljenja bušotine koje garantuje uspešnu realizaciju predviđenih zahvata i dovođenje bušotine njenom cilju uz najpovoljnije ekonomske rezultate.

Pod ugradnjom zaštitnih cevi smatra se spuštanje u bušotinu kolone cevi koje imaju manji prečnik od prečnika bušotine. Prostor između zaštitnih cevi i zidova bušotine ispunjava se cementnom kašom.

Funkcije zaštitnih cevi u bušotini su (Slika 1-2):

- odvajanje i izolacija različitih vrsta formacija da bi se minimizovali problemi tokom bušenja ili povećala proizvodnja tokom eksploatacije
- da omogući prolaz svim planiranim alatima i opremi u cilju nastavka bušenja i nesmetanog ispitivanja i osvajanja bušotine (privođenja proizvodnji)
- omogućavanje ugradnje sigurnosnih uređaja na ustima bušotine

Prema nameni i dubini ugradnje razlikujemo sledeće tipove ugrađenih zaštitnih cevi u bušotinu:

- Uvodnu kolonu zaštitnih cevi
- Površinsku kolonu
- Tehničku kolonu
- Izgubljenu kolonu
- Eksploatacionu kolonu

Svaka od navedenih kolona zaštitnih cevi ima posebnu namenu i način proračuna. Prikazanim programom u daljem tekstu proračunava se detaljnom raspored, dubina ugradnje i ostale karakteristike potrebnih kolona. O samom proračunu i nameni svake konkretne kolone može se detaljnije videti u prikazanoj literaturi.



Slika 2. Primer mogućeg rasporeda kolone zaštitnih cevi

POTREBA PROGRAMSKOG PAKETA

Ovaj program bi trebalo da višestruko ubrza rad na projektovanju bušotina, skрати vreme rada, a i da smanji broj ljudi potrebnih za izvođenje projektovanja. Sa druge strane obezbeđuje sigurnost projekta eliminišući mogućnost ljudske greške.

Razvijeni programski paket sastoji se iz sledećih modula:

1. Ulazni dijalozi i snimanje i učitavanje projekta bušotine
2. Segment za izradu dijagrama gradijenata pornih pritisaka - Gp i gradijenata frakturiranja - Gf
3. Segment za odabir prečnika zaštitnih cevi i dleta
4. Dijalog za unos podataka za dizajniranje sekcija kolona zaštitnih cevi

5. Dijalog za manipulaciju sa elementima iz baze podataka
6. Sumarna tablica
7. Štampanje izveštaja

Svaki promski moduo je posebno ukratko predstavljen:

Ulazni dijalozi i snimanje i učitavanje projekta bušotine

Pri samom startu program prvo zahteva od korisnika da se odluči za jezik na kome će raditi. Za sada postoje engleska varijanta kao univerzalna u naftnoj industriji i srpska. Nakon izbora jezika korisniku se nudi da odabere između rada na novom projektu ili nastavljjanja rada na ranije snimljenom. Na slici 3 vide se ulazni dijalozi.

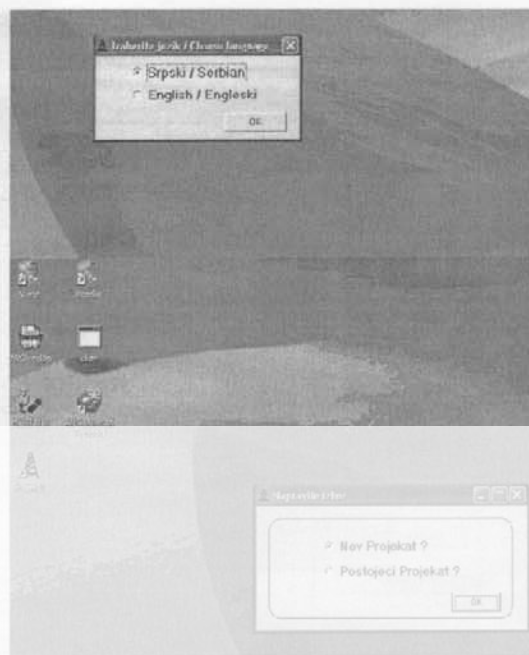
Pomoću prvog dijaloga se bira jezik na kom će korisnik raditi i istovremeno jezik u štampanom izveštaju koji program izbacuje nakon završetka rada.

Rutine za snimanje i otvaranje snimljenog projekta bušotine su takođe implementirane u program. Vizuelno je uočljiva rutina za otvaranje koja se pokreće ako korisnik pri startovanju programa odabere opciju "Postojeći projekat" ili u toku rada poželi da otvori neki projekat biranjem "File/Postojeći Projekat" iz osnovnog menija na gornjoj ivici matične forme. Program memoriše i najsitnije pojedinosti koje je korisnik u toku rada izabrao i koristi ih u daljoj radu kroz sve korake tako da se odmah dobijaju svi dijagrami i tabele.

Pošto računaru treba izvesni period vremena da pročita podatke i da prikaže sve tablice i dijagrame, program izbacuje "status" formu koja korisnika orijentaciono obavestava o vrsti podataka kao i o predviđenom vremenu za ovu operaciju. Za sve to vreme radna forma je spuštена kako bi estetski utisak ostao dobar, a nakon učitavanja podataka ona se pojavljuje i popunjava prostor u matičnoj formi (Slika 4). Nakon učitavanja projekta korisnik može da krene od bilo kojeg segmenta i da izvrši željene promene, kao i da ponovi proračune.

Segment za izradu dijagrama gradjenata pornih pritisaka – G_p i gradjenata frakturiranja – G_f

Na levoj strani matične forme (Slika 5) u okviru koje se pojavljuju sve ostale forme na-laze se ikone-tasteri (prekidači) za osam osnovnih koraka koji čine projektovanje bušotine.



Slika 3. Ulazni dijalozi programa



Slika 4. Učitavanje postojećeg projekta

Moguće je kretati se od koraka do koraka bilo kojim redosledom. Između prva tri prekidača za proračune koji definišu osnovnu geometriju bušotine i sledećih, namenjenih kolonama zaštitnih cevi, nalazi se prozor koji služi da omogući korisniku da ima stalan pregled konstrukcije bušotine bez obzira na kom se segmentu rada nalazio.

Na slici 5 se vidi prvi korak pri projektovanju bušotine, odnosno, segment za izradu dijagrama gradjenata pornih pritisaka G_p i pritisaka frakturiranja G_f . Postoje komande za unošenje tačaka i komande za naknadno ubacivanje tačke u već formiran niz kao i za brisanje. Pri izradi je akcenat i dalje bio na jednostavnom i preglednom rukovanju.



Slika 5. Matična forma programa (glavni prozor)

Segment za odabir prečnika zaštitnih cevi i dleta

Dijalog za unos podataka za dizajniranje sekcija kolona zaštitnih cevi

Modul koji služi da se odaberu prečnici kolona zaštitnih cevi i prečnici prikazan je na slici 6. Prilikom dizajniranja programa pruža korisniku pored osnovnih funkcija i sledeće:

- Kompletan pregled svih raspoloživih zaštitnih cevi i dleta sa karakteristikama što olakšava donošenje odluke
- Mogućnost da se izvede korak unazad ili više njih
- Komandu "Reset" koja vraća sve podatke u početni oblik i briše sve unete parametre u vezi sa prečnicima

Sa donje leve strane nalazi se tablica u kojoj korisnik prati parametre koje unosi a koji se ispisuju zajedno sa osnovnim parametrima koji su mu neophodni za orijentaciju.

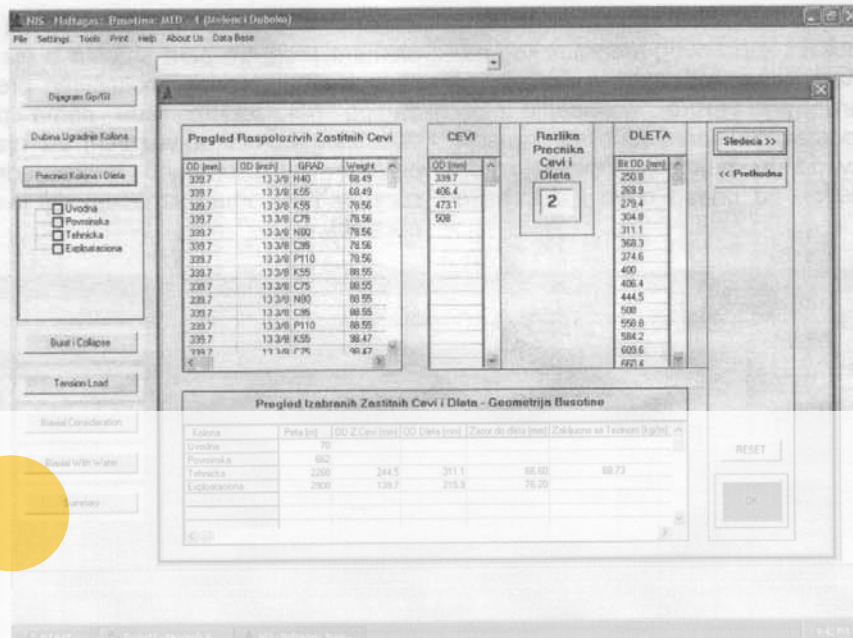
Nakon ovog koraka, korisnik bira kolonu koju želi da dizajnira iz padajućeg menija koji je smešten iznad radne forme. Preko ovog menija korisnik može da prelazi sa dizajniranja jedne kolone zaštitnih cevi na drugu, odnosno, da paralelno radi na više kolona što čini rad mnogo komotnijim.

Pri svakom biranju kolone aktivira se dijalog forma (Slika 7) koja služi da se u nju unesu podaci neophodni za proračune:

1. Proračun zaštitne cevi na pucanje i gnječenje (Burst & Collapse)
2. Proračun zaštitne cevi na istezanje (Tension Loads)
3. Proveru izabranih sekcija zaštitnih cevi na biaksijalna i triaksijalna naprezanja (Biaxial & Triaxial Consideration)

Dijalog forma se aktivira svaki put da bi omogućila korisniku da manipuliše podacima koje unosi, a obuhvata sva tri navedena proračuna odjedanput.

Korisnik može da unese podatke samo za jednu kolonu i jedan proračun ili za više kolona i proračuna odjednom. Na njenoj donjoj desnoj strani se nalaze komande koje omogućavaju da korisnik odabere između dve različite metode proračuna, Force Area i Bouyancy Faktor. Sa ovim je korisniku lako da izvrši proračune po obe metode za jednu kolonu bez ponovnog unošenja podataka.



Slika 6. Prozor segmenta za odabir prečnika zaštitnih cevi i dleta



Slika 7. Prozor dijaloga za unos podataka za dizajniranje sekcija kolona zaštitnih cevi

Dijalog za manipulaciju sa elementima iz baze podataka

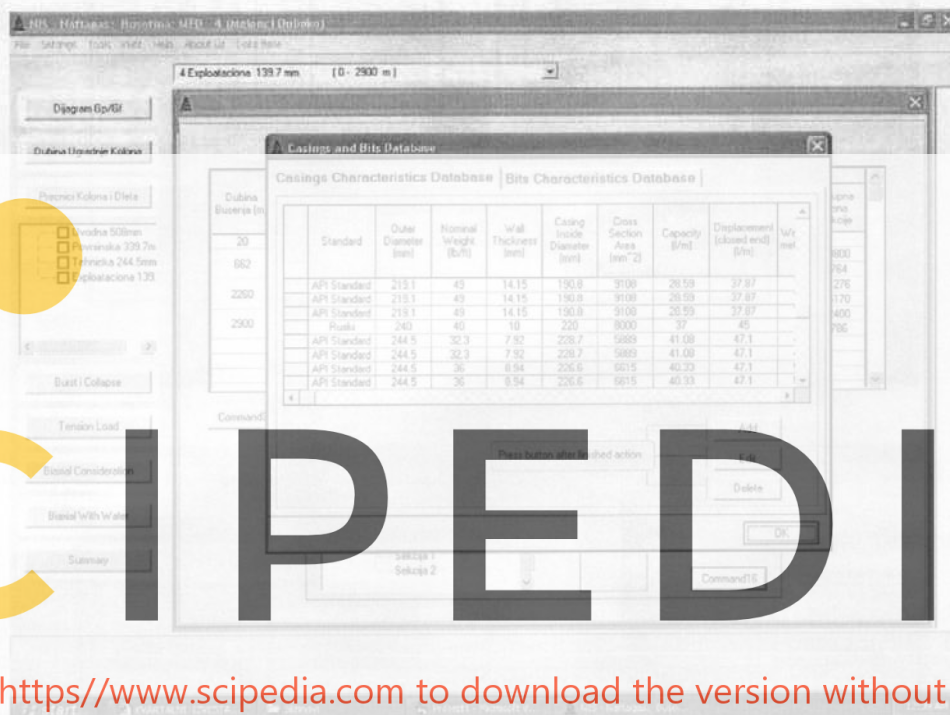
Baza podataka koja sadrži standardne zaštitne cevi i dleta je optimizovana a napravljen je i interfejs za manipulaciju sa podacima iz nje (Slika 8). Korisniku je omogućeno da pored zaštitnih cevi po Američkom standardu (API) i

koje su najzastupljenije, unese podatke za cevi po drugim standardima.

Pritiskom na prekidač "Računaj" dijalog forma se povlači, a korisniku se prikazuje stranica radne forme za proračun opterećenja na pucanje i gnječenje i istovremeno za odabir kvaliteta čelika i težina sekcija zaštitnih cevi.

To je urađeno jer pojedine naftne kompanije koje su potencijalni kupci ovog programskog paketa, pored Američkog (API) standarda koriste i druge standarde (npr. Ruske). Korišćenje interfejsa je jednostavno i pregledno, a korisnik može da izvede tri najbitnije operacije: da promeni podatke, da unese nove i da obriše postojeće.

Pri unošenju novih zaštitnih cevi ili dleta novi element program sam smešta u niz postojećih na osnovu njegovog spoljašnjeg prečnika tako da pri naknadnom radu nema potrebe za posebnim koracima vezanim za njega već ih program pri proračunu tretira jednako, a u izlaznim tablicama naznačuje koji je standard u upotrebi.



Slika 8. Prozor dijaloga za manipulaciju sa elementima iz baze podataka

Sumarna tablica

Za moduo "Sumarna tablica" (Slika 9) odvojena je čitava jedna strana radne forme. Sumarna tablica služi da prikaže sve bitne izlazne parametre projekta bušotine na jednom mestu, a pritom izostavlja proračunske veličine. Potreba za ovakvom tablicom dolazi od etape koja sledi posle projektovanja a to je izvođenje bušotine na terenu i ona u neku ruku pretstavlja suštinu razvoja ovog softvera.

Pored prikaza svih projektovanih elemenata po fazama bušenja, tablica pruža mogućnost i za osnovni ekonomski proračun.

Ispod tablice se nalazi prozor u kome su prikazane kolone zaštitnih cevi i u okviru svake njihove sekcije. Pomoću manjeg prozora (desno) unose se cene cevi po metru dužine a sračunate vrednosti se ispisuju u tablici.

Štampanje izveštaja

Bitno je napomenuti da su urađene rutine za štampu projektovane bušotine. U padajućem meniju koji se nalazi na vrhu matične forme moguće je odabrati dve opcije štampanja podataka.

Prva opcija predstavlja osnovni izveštaj, tzv. "Basic Report" služi da korisnik odštampa osnovni set ulaznih i izlaznih podataka vezanih za projekat. Podaci su dati tekstualno, dijagramski i tablično.

Druge opcije predstavlja tzv. Potpuni izveštaj - "Full Report" obuhvata prvu i pored nje daje i po set podataka vezanih za svaku kolonu ponaosob. Koncept štampanja izveštaja je rađen kao kombinacija dva modela, domaćeg (NIS Naftagas) i zapadnog, gde je cilj bio objedinjavanje prednosti oba modela.

Sumarna Pregled Dizajnirane Konstrukcije Zaštitnih Cevi

Dužina Bušotina (m)	Plošnost Cevi (m²)	Cena Cevi (RSD)	Tip Cevi	ID	Dužina Ugradnje (m)	Cena Ugradnje (RSD)	Dizajn	Tip Sadržaja	Cena Sadržaja (RSD)	Ukupna Cena Sadržaja
70	408.6	1.1000	Uvodna	508	0.0	0.0	0	0	0	0
662	444.9	1.1000	Povratna	239.7	0.400	58.43	140	0	0	58.43
2200	311.1	1.2500	Tehnička	239.7	400.662	88.55	138	0	0	88.55
2900	215.9	1.5000	Eksploataciona	244.5	0.1943	11.32	135	0	0	11.32
				133.7	0.2700	25.13	1115	0	0	25.13
				133.7	2701.2300	25.13	1115	0	0	25.13

Troskovi - Cena Sadržaja / Kolona

- Uvodna
 - Sadržaj 1
- Povratna
 - Sadržaj 2
- Tehnička
 - Sadržaj 1
- Eksploataciona
 - Sadržaj 1

Slika 9. Prozor modula "Sumarna tablica"

ZAKLJUČAK

Veliki deo investicija uloženi u dobijanje nafte, prirodnog gasa i geotermalne energije otpada na izradu bušotina. Samim programom omogućeno, je praktično, celokupno projektovanje bušotine uz celokupni proračun zaštitnih cevi.

Savremeno projektovanje bušotina se odvija pomoću računarskih programa. Većina softvera koji najčešće moraju da se kupuju u inostranstvu i koji su veoma skupi.

Prednost izrade domaćeg softvera je povoljnija cena i mogućnost upotrebe srpskog jezika pored engleskog koji je uobičajen u naftnoj privredi. U našoj naftnoj praksi slični softveri postoje, ali su veoma zastareli sa gledišta preglednosti korisničkog interfejsa. U upotrebi su programi koji su pisani još tokom sedamdesetih godina i pisani su uglavnom u programskom paketu FORTRAN 77. Iako mogu da odrade dobar deo posla vezanog za projektovanje bušotina, oni nisu pregledni i nisu prilagođeni savremenim računarima i sadašnjim standardima preglednosti kakvu donose i traže najnoviji operativni sistemi kao što je Windows HP.

Program za projektovanje bušotina napisan je na programskom jeziku Visual Basic, koji omogućava kao što mu samo ime kaže puno preglednost rada i korisnički interfejs prilagođen savremenom inženjeru 21. veka

kakav imaju i ostali savremeni programi (eng. Visual – Pregledni).

LITERATURA

- /1/ Renato Bizjak, Tehnologija bušenja sa projektovanjem, interna skripta Rudarsko – geološkog fakulteta, Beograd
- /2/ Programski paket – Visual Basic

SOFTWARE FOR DEEPWELL DESIGNING

In this paper was shown the software for deep-well designing for purpose of oil, gas and geothermal energy exploitation and it was designed for commercial usage in oil industry. Program was developed in Innovation Center of Electro-Technical Engineering Faculty in Belgrade and it was financed by Ministry of Science and Environmental Protection of Serbia. In this program is enabled selecting of appropriate columns of pipes depending of conditions in deep-well, started from calculation of inaugural and survey-column, via technical, and at the end with calculation of exploitation column, all by possibility of detailed reports printing and making of project documentation in Serbian and English language. Software was developed integrally by domestic mining engineers and it was completely in property of first and second author.

Key words: Deep-Well, Software, Column